

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 07-007201

(43)Date of publication of application : 10.01.1995

(51)Int.Cl.

H01S 3/08

H01S 3/113

(21)Application number : 06-042816

(71)Applicant : HUGHES AIRCRAFT CO

(22)Date of filing : 14.03.1994

(72)Inventor : SUMIDA DAVID S

(30)Priority

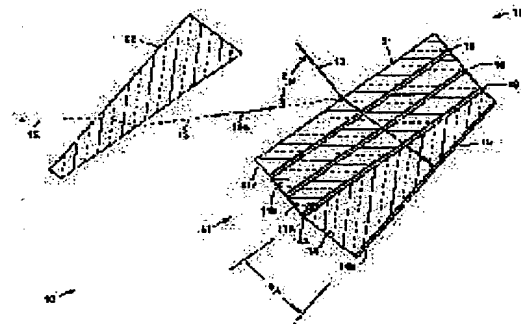
Priority number : 93 30763 Priority date : 12.03.1993 Priority country : US

## (54) PSEUDO-MONOLITHIC SATURABLE OPTICAL ELEMENT

(57)Abstract:

PURPOSE: To perform saturable absorption, polarization and reflection by the optical element of a single individual state by performing saturable absorption of laser beams by a saturable absorbent, performing the polarization by directing the front surface of the optical element at a Brewster's angle, related to the optical axis of a laser resonator and performing the re-sweep reflection by a dielectric coating.

CONSTITUTION: A base body transparent 14 with respect to the laser beam 13a is formed by a non-doped host material provided with the same refractive index as a saturable absorbent plate material 11. The base body 14 is formed in a wedge-shape, provided with front and rear surfaces 14a and 14b arranged at a predetermined tip angle  $\theta A$ , related to each other. A 100% reflective dielectric coating 15 is formed on the rear surface 14b of the base body 14. Plural saturable absorbent plate members 11a, 11b and 11c are piled up on mutual peak surfaces and fixed to the front surface 14a of the base body 14 by the respective layers of an optical cement 16. This optical element 10 can optimize re-sweep reflection feedback from the highly reflective rear surface 14b supplied by a reflective dielectric coating 15.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

13.09.1996

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]	2820367
[Date of registration]	28.08.1998
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]	
[Date of extinction of right]	28.08.2002

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 特 許 公 報 (B 2)

(11) 特許番号

第2820367号

(45) 発行日 平成10年(1998)11月 5 日

(24) 登録日 平成10年(1998) 8 月28日

(51) Int.Cl.<sup>6</sup>

識別記号

F I

H 0 1 S 3/08  
3/113

H 0 1 S 3/08  
3/113

Z

請求項の数10(全 5 頁)

(21) 出願番号 特願平6-42816

(22) 出願日 平成 6 年(1994) 3 月14日

(65) 公開番号 特開平7-7201

(43) 公開日 平成 7 年(1995) 1 月10日

審査請求日 平成 8 年(1996) 9 月13日

(31) 優先権主張番号 3 0 7 6 3

(32) 優先日 1993年 3 月12日

(33) 優先権主張国 米国 (U S)

(73) 特許権者 390039147

エイチイー・ホールディングス・インコ  
ーポレーテッド・ディーピーイー・ヒュ  
ーズ・エレクトロニクス  
アメリカ合衆国, カリフォルニア州  
90045-0066, ロサンゼルス, ヒュー  
ズ・テラス 7200

(72) 発明者 デイビッド・エス・スミダ

アメリカ合衆国, カリフォルニア州  
90066, ロサンゼルス, メイアー・スト  
リート 3630

(74) 代理人 弁理士 鈴江 武彦

審査官 山下 崇

(58) 調査した分野(Int.Cl.<sup>6</sup>, D B名)

H01S 3/08

H01S 3/113

(54) 【発明の名称】 疑似モノリシックな飽和可能な光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 レーザビームが伝播する光軸を有するレ  
ーザ共振装置で使用されレーザビームの飽和可能な吸  
収、偏光、および再帰反射を与える光素子において、  
互いに関して予め定められた先端角度で配置される前部  
表面と後部表面を具備し、レーザ共振器により与えら  
れるレーザビームに対して比較的透明であるドーブされ  
ていない基体と、  
基体の後部表面に配置され、レーザビームを反射する  
ように構成されたドーブされていない誘電体被覆と、  
レーザ共振器の光軸に関してブルースター角で配置さ  
れるように構成された前面を有し、ドーブされていない基  
体の前部表面に位置された飽和可能な吸収体プレート部  
材とを具備し、  
レーザビームの飽和可能な吸収は飽和可能な吸収体によ

り与えられ、レーザビームの偏光は光素子の前部表面を  
レーザ共振器の光軸に関してブルースター角で方向付け  
ることにより与えられ、レーザビームの再帰反射は誘電  
性被覆により与えられていることを特徴とする光素子。

【請求項 2】 飽和可能な吸収体プレート部材は、基体  
が予め定められた光密度を有するように配置されている  
F<sub>2</sub>-色中心を有するフッ化リチウムを含む請求項 1 記  
載の光素子。

【請求項 3】 飽和可能な吸収体プレート部材は、基体  
が予め定められた光密度を有するように配置されている  
Cr<sup>4+</sup>ドーバイオンを有するホスト光材料を含む請求項  
1 記載の光素子。

【請求項 4】 ホスト光材料が単一の結晶光材料である  
請求項 3 記載の光素子。

【請求項 5】 単結晶光材料がイットリウムアルミニウ

ムガーネット (YAG)、イットリウムスカンジウムアルミニウムガーネット (YSAG)、イットリウムスカンジウムガリウムガーネット (YSGG)、ガドリニウムスカンジウムアルミニウムガーネット (GSAG)、ガドリニウムスカンジウムガリウムガーネット (GSGG)、ガドリニウムガリウムガーネット (GGG)、ガドリニウムインジウムガリウムガーネット (GIGG)、イットリウムオルトケイ酸塩 (YOS)、 $Mg_2SiO_4$  およびそれら単結晶の組合わせからなるグループから選択される請求項4記載の光素子。

【請求項6】 ホスト光材料がガラス性の光学材料である請求項3記載の光素子。

【請求項7】 ドープされていない基体が飽和可能な吸収体プレート部材とほぼ同一の屈折率を有する材料で構成されている請求項1記載の光素子。

【請求項8】 誘電性被覆が二酸化チタニウムと二酸化シリコンの多重層で構成されている請求項1記載の光素子。

【請求項9】 誘電性被覆が二酸化シリコンと二酸化ジルコニウムの多重層で構成されている請求項1記載の光素子。

【請求項10】 光学的に透明なセメントの個々の層により互いに頂面に積重ねられ、基体の前部表面に固定されている複数の飽和可能な吸収体プレート部材を有する請求項1記載の光素子。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】 本発明は固定状態の光素子特に、単一の固体状態光素子の飽和可能な吸収、偏光、再帰反射を提供する疑似モノリシックな光素子に関する。

【0002】

【従来の技術】 本発明により行われる各個々の機能（飽和可能な吸収、偏光、再帰反射）は通常技術で良く知られている。飽和可能な吸収体は技術で知られている。偏光選択用のブルースター角方向も良く知られている。誘電性の高反射被覆は通常技術を使用して困難なく基体に付着されることができる。前述の各機能を行う個々の装置が存在するが機能的に異なった3つの素子の整列に関する欠点と困難は自明であると考えられている。

【0003】 例えば、米国特許第4,084,883号明細書はレーザ素子用の反射性偏光層を開示している。米国特許第4,104,598号明細書は反射装置とワイヤ格子偏光装置との結合を有するレーザを開示している。米国特許第4,875,220号明細書は2つの一体化されたレーザミラーを開示し、この一体化されたミラーは偏光表面を有している。米国特許第5,097,481号明細書は米国特許第4,875,220号明細書に類似した技術を開示している。米国特許第5,101,415号明細書は第1、第2の波長モードで動作する反射性表面を有するレーザミラーを開示している。

【0004】 前述の特許明細書に加えて、固体状態の飽

和可能な吸収体に関する従来の研究は以下の文献に記載されている。文献（“Formation, optical properties, and laser operation of  $F_2$  - centers in  $LiF$ ”, J. Appl. Phys 61, 1297, (1987年)）には構造状態と、光特性と、 $LiF$ 結晶中の $F_2$ -色中心のレーザ動作の調査が開示されている。別の文献（“Phototropic centers in chromium-doped garnets”, Opt Spectrosc (ソビエト連邦)、63, 695 (1987年)）には受動的Qスイッチとしてのクロムドープしたガーネットの使用が説明されている。文献（“Room temperature Q-switching of Nd:YAG by  $F_2$  - color centers in  $LiF$ ”, CLEO, サンフランシスコ、カリフォルニア州、WM5 (1986年)）には高強度レベルの飽和状態での飽和動作のために固体状態レーザ設計用の重要な $F_2$ -色中心材料のQスイッチ特性の研究を説明している。文献（“Room Temperature Laser Action and Q-Switching of  $F_2$ -Aggregate Color Centers in  $LiF$ ”, 固体の励起状態の動的処理における第5回国際会議、Lyon、フランス、1985年7月1～4日）には30ナノ秒のNd:YAGパルスで生成されるガンマ線照射 $LiF$ の $F_2$ -中心による受動的スイッチングが指示されている。文献

（“Photochromic properties of a gadolinium-scandium-gallium garnet crystal”, Preprint #238, ソビエト連邦、Academy of Science, Institute of General Physics、モスクワ (1985年)）にはGSGG:Cr, Nd結晶の光色性特性が記載されている。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】 しかしながら、前述の従来技術は1つの素子への3つの機能（飽和可能な吸収、偏光、再帰反射）の結合を開示しておらず、このような従来技術の装置は存在していない。それ故本発明の目的は単一の固体状態の光素子で飽和可能な吸収、偏光再帰反射を行う疑似モノリシックな飽和可能な光素子を与えることである。

【0006】

【課題を解決するための手段】 前述および他の目的を満たすために本発明はレーザビームが伝播する光軸を有するレーザ共振器で使用するための光素子を提供する。光素子は一体化されたパッケージ中において飽和可能な吸収、偏光、レーザビームの再帰反射を行う。光素子は予め定められた先端角度で配置されている前部表面および後部表面を有するドープされていない基体を有する。基体はレーザ共振器により与えられるレーザビームに対して比較的透明である。誘電性被覆はドープされていない基体の後部表面に付着され、少なくとも1つの飽和可能な吸収体プレート部材が基体の正面に配置されている。飽和可能な吸収体プレート部材はレーザ共振器の光軸に関してブルースター角に配置される。レーザビームの飽和可能な吸収は飽和可能な吸収体プレート部材を使用して光素子により与えられ、レーザビームの偏光はレーザ

共振器の光軸に関してブルースター角で光素子の前面を方向づけることにより与えられ、レーザビームの再帰反射は誘電性被覆により与えられる。

【0007】従って本発明は飽和可能な吸収、偏光、再帰反射を含む3つの分離した光機能を単一の固体状態光素子に一体化する。プレート部材により与えられる飽和可能な吸収体はフッ化リチウム中の $F_2^-$ 色中心または幾つかの適切なホスト光材料のうちの1つの $Cr^{4+}$ のドーパントイオンである。適切な単結晶ホスト材料は例えばイットリウムアルミニウムガーネット(YAG)、イットリウムスカンジウムアルミニウムガーネット(YSAG)、イットリウムスカンジウムガリウムガーネット

(YSGG)、ガドリニウムスカンジウムアルミニウムガーネット(GSAG)、ガドリニウムスカンジウムガリウムガーネット(GSGG)、ガドリニウムガリウムガーネット(GGG)、ガドリニウムインジウムガリウムガーネット(GIGG)、イットリウムオルトケイ酸塩(YOS)、 $Mg_2SiO_4$  (ホルステライト)または前述の物質の適切な単結晶の組合わせを含む。ホスト光材料はガラス又は非結晶材料であってもよい。レーザビームの適切な線形偏光は光素子の入力面をブルースター角に合わせることで達成される。光素子の後面上に付着された誘電性被覆(ミラー)は100%の反射性を提供する。

【0008】従って光素子はレーザ共振器での使用上、製造が簡単で多重機能素子の整列が容易なモノリシック体を構成する。本発明は受動的Qスイッチングに加えて、線形偏光を弁別し、100%反射性ミラーまたは反射装置としての役目をする。ミラーが光素子の一体化部分であるので、一体化された偏光器の簡単な整列される重要な効果が得られる。垂直入射100%反射性ミラーで典型的に行われるように再帰反射の光素子を整列することによりブルースター角度条件は自動的に満たされ、最適な偏光弁別が達成される。典型的なブルースター角素子では入射角度は個々に最適にされなければならない。本発明では最適な段階は必要とされない。

【0009】本発明は、品質を改良し、使用されるレーザ装置をより効率的でコンパクトにする光素子を提供する。さらに、本発明は整列が容易で、レーザ装置中の光素子数を減少させることができる。素子数の減少は改良されたシステムに信頼性を与える。

【0010】3つの機能(飽和可能な吸収、偏光、再帰反射)を単一の光素子に結合することは通常のレーザ装置で3つの異なった素子を機能的に整列することに関する欠点と困難を克服する。本発明の利点は通常の装置と比較して明白であり、特に本発明の単一の一体化装置の比較的簡単な整列は通常の装置で使用する技術よりも非常に優れている。

【0011】

【実施例】本発明の種々の特徴および利点は添付図面を

伴った後述の詳細な説明を参照して容易に理解されるであろう。レーザ構造はレーザ共振器空洞を限定する1対のミラーの間に位置されたレーザ媒体を具備する。1つのミラーは全てのレーザ光を実質的に反射し、“高反射器”と呼ばれ、第2のミラーはレーザ光を部分的に透過し部分的に反射し、前述した米国特許第5,101,415号明細書で説明されているように“出力結合装置”と呼ばれる。本発明によると高反射器ミラーは詳細に後述するように本発明の多重機能の光素子により置換され改良される。

【0012】図1を参照すると、本発明の原理による疑似モノリシック光素子10が示されている。疑似モノリシック光素子10は任意の数の飽和可能な吸収体プレート部材11を具備して示されている。用語“疑似モノリシック”は本発明の光素子10が単一の部片、すなわち真のモノリシックではないので使用される。疑似モノリシック光素子10はレーザ共振器12の端部に位置されて示されており、伝播するレーザビーム13aを有するレーザ共振器12の光軸13も示されている。

【0013】疑似モノリシック光素子10は後述する飽和可能な吸収体プレート部材11とほぼ同一の屈折率を有するドーパされてないホスト光材料からなる基体14を含む。基体14はレーザビーム13aに対して透明である。基体14は互いに関して予め定められた先端角度 $\theta_A$ で配置されている正面および後部表面14a、14bを有するくさび形状に形成されている。基体14は後面14bに配置された100%反射性の誘電性被覆15を有する。誘電性被覆15は例えば二酸化チタニウムと、二酸化シリコン( $TiO_2/SiO_2$ )または二酸化シリコンと、二酸化ジルコニウム( $SiO_2/ZrO_2$ )から形成される標準的な多重層の誘電体材料を具備し、これらは既知の被覆付着技術を使用して後面14bに付着される。

【0014】複数の飽和可能な吸収体プレート部材11a、11b、11cは相互の頂面に積重ねられ、例えば光学セメント16の個々の層により基体14の正面14aに固定されている。図1は例示のみの目的で、3つの飽和可能な吸収体プレート部材11a、11b、11cの使用を示している。レーザ共振装置12のタイプと、飽和可能な吸収体プレート部材11で使用する飽和可能な吸収体に依存して単一のプレート部材11を含み他の複数の飽和可能な吸収体プレート部材11が使用されることが理解できよう。光学セメント16はレーザビーム13aに対して透明であり、名目上基体14に屈折率が一致している。カリフォルニア州、パコイラのハーテルエンタープライズ社(Hartel社)から得られるエポキシ材料のような光学セメント16が使用される。最上面または前面の飽和可能な吸収体プレート部材11の露出表面に垂直な平面17が示され、光素子10は共振器12の垂線17と光軸13との間の角度 $\theta_B$ でレーザ共振器12内に位置される。図1で示されているように誘電性被覆15の表面におけるレーザビーム13の入射角

は90°である。 $\theta_A$ 、 $\theta_B$ の限定された特定値は後述する。

【0015】基体14は2つの理由でドーブされない。第1に例えばLiFのF<sub>2</sub>-色中心に関してこれらの中心はハードな誘電性被覆15を設けるのに必要な上昇温度でアニールされる。第2に基体14が飽和可能な吸収体材料でドーブされるならば、光密度は開口を横切る横断寸法の間数として変化する。結果として光素子10は空間的に不均一な方法で光学的にブリーチされる。従って光素子10は前述の方法で構成される。

【0016】本発明の光素子10は100%の反射性誘電体被覆15により与えられる光素子10の高反射性後部表面14bからの再帰反射帰還を最適化することにより全体を12で示されているレーザ共振装置中に整列されることができる単一の光部品に一体化した3つの光機能を提供する。一体化は基体14および1以上の飽和可能な吸収体プレート部材11を互いに融着し、単一の疑似モノリシック素子10を形成するため光学セメント16を使用して達成される。

【0017】前述のように光素子10がプレート部材11間の境界で低損失を示すように光学セメント16は基体14に屈折率を一致させる。屈折率が一致していない状態では増加した受動的損失のために付加的な偏光弁別の利点と妥協しなければならない。光素子10により行われる各3つの機能のそれぞれの詳細な面が説明される。

【0018】飽和可能な吸収は例えば電子ビーム照射を使用するF<sub>2</sub>-色中心の生成、または例えば飽和可能な吸収体プレート部材11を構成するガドリニウムスカンジウムガリウムガーネットのような適切な結晶中のCr<sup>4+</sup>ドーピングにより達成される。特に基体14用の好ましい単一結晶ホスト光材料は例えばイットリウムアルミニウムガーネット(YAG)、イットリウムスカンジウムアルミニウムガーネット(YSAG)、イットリウムスカンジウムガリウムガーネット(YSGG)、ガドリニウムスカンジウムアルミニウムガーネット(GSAG)、ガドリニウムスカンジウムガリウムガーネット(GSGG)、ガドリニウムガリウムガーネット(GGG)、ガドリニウムインジウムガリウムガーネット(GIGG)、イットリウムオルトケイ酸塩(YOS)、Mg<sub>2</sub>SiO<sub>4</sub>(ホルステライト)または前述の適当な単結晶の組合わせを含む。代りに、ホスト光材料はガラスまたは非結晶材料であってもよい。

【0019】F<sub>2</sub>-色中心に関連する製造では、照射されたLiFの2~3mmの厚さのプレート部材11によってプレート部材11当り最大の光密度を提供するようにする。特定の応用に必要な総合的な光密度は多数または幾つかのプレート部材11を光素子10の設計に組込むことにより達成される。Cr<sup>4+</sup>ドーブしたガーネットでは結晶成長の特性は実質上合理的な光密度が単一のプレート部材11で達成されることを可能にする。飽和可能な吸収

体材料は約1マイクロメートルのレーザ波長で受動的Qスイッチングを示し、他の波長でも実行できる。F<sub>2</sub>-色中心吸収帯域は約900~1100nmの範囲であり、一方Cr<sup>4+</sup>の吸収帯域は900~1200nmに延在する。図2はLiF:F<sub>2</sub>-色中心の室温吸収スペクトルを示しており、図3はCr<sup>4+</sup>ドーブされたCr:Nd:GSGG(ガドリニウムスカンジウムガリウムガーネット)の室温吸収スペクトルを示している。

【0020】線形に偏光されたレーザ光の偏光弁別は“p”偏光が損失なしで透過されるようにレーザ共振器12の光軸13に関してブルースター角で光素子10の前面21を方向づけることにより得られる。しかしながら、実際にはこの条件は光素子10がレーザビーム13の適切な再帰反射のために最適にされるとき自動的に満足される。例えば1.06μmでLiF基体14の屈折率とブルースター角はそれぞれ1.386と54.2°である。同様に特にガドリニウムスカンジウムガリウムガーネットのような他のガーネットでは値はそれぞれ1.94と62.7°である。

【0021】光素子10の後部表面14bから100%の反射を得るため誘電性レーザ被覆15は前述したように飽和可能な吸収プレート部材11とほぼ同一の屈折率を有するドーブされていないホスト材料で構成される基体14に蒸着される。被覆処理後、被覆された基体14は光学セメント16により飽和可能な吸収体プレート部材11に接着されるミラーまたは反射装置を形成する。被覆基体14を構成するドーブされていない反射装置は再帰反射の適切な方向付け(即ち被覆表面14bにおけるレーザビーム13の入射角が90°)で前面14aすなわち光素子10の前面21が自動的にブルースター角で整列されるように設計されている。一般に、先端角度 $\theta_A$ は簡単な幾何学的論理を使用して特有限定され、 $\sin^{-1}[\sin \theta_B / n]$ により与えられ、ここで $\theta_B$ はブルースター角でありnは基体14の屈折率である。LiFとGSGGから構成されるプレート部材11では $\theta_A$ は $\lambda = 1.06\mu\text{m}$ でそれぞれ18.4°と27.3°である。動作において、基体14として同一の組成と先端角度を有する補償ウェッジ22はレーザビーム13の通路に挿入され、熱ビーム操縦効果を緩和するため基体14に関して反対の方向(即ち基体に関して180°回転)を有する。

【0022】以上単一の固体状態光素子で飽和可能な吸収、偏光、再帰反射を提供する改良された疑似モノリシック飽和可能な光素子を説明した。前述の実施例は本発明の原理の応用を表す多くの特定の実施例の単なる例示であることが理解できよう。明白に、多くの、他の装置が本発明の技術的範囲を逸脱することなく当業者により容易に実施されることができる。

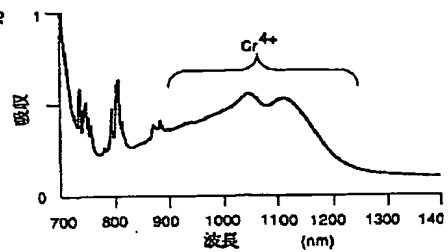
【図面の簡単な説明】

【図1】任意の数の飽和可能な吸収体プレート部材を有する本発明の原理による疑似モノリシック光素子。

【図2】LiF:F<sub>2</sub>-色中心の室温吸収スペクトル

トル図。

【圖 1】



【圖 2】

